

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

25. 6. 2004

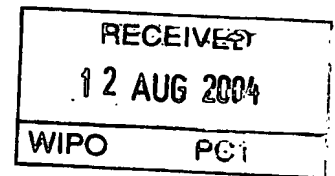
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 6 月 2 7 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 8 5 4 1 9  
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 8 5 4 1 9]

出 願 人  
Applicant(s): セイコーインスツルメンツ株式会社  
有限会社ケミトレック  
株式会社オプテック

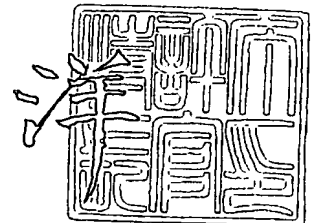


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 7 月 2 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川





【書類名】 特許願

【整理番号】 03000409

【提出日】 平成15年 6月27日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C10M105/74  
F16C 17/10  
F16C 33/10  
H02K 7/08

【発明の名称】 流体動圧軸受用潤滑油、流体動圧軸受、モータおよび情報記録再生装置

【請求項の数】 16

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

【氏名】 木下 伸治

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

【氏名】 後藤 廣光

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

【氏名】 太田 敦司

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市西京区桂千代原町 3 5 番地の 1 有限会社ケミトレック内

【氏名】 森 茂男



## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都豊島区西池袋1丁目18番2 株式会社オプテク  
内

【氏名】 岡本 好久

## 【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

## 【特許出願人】

【識別番号】 596169565

【氏名又は名称】 有限会社ケミトレック

## 【特許出願人】

【識別番号】 597174849

【氏名又は名称】 株式会社オプテク

## 【代理人】

【識別番号】 100064908

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100118913

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 上田 邦生



【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0203672

【プルーフの要否】 要

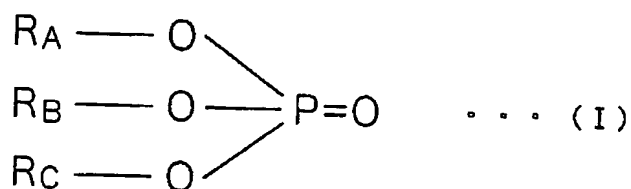
【書類名】 明細書

【発明の名称】 流体動圧軸受用潤滑油、流体動圧軸受、モータおよび情報記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基油として、一般式 (I)

【化 1】



(式中、 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ は、それぞれアルキル基を示している。)により表されるリン酸トリエステルを含む流体動圧軸受用潤滑油であって、

前記基油に、3つのアルキル基が飽和炭化水素基であり、かつ、1つの前記飽和炭化水素基が他の2つの前記飽和炭化水素基と異なる炭素数を有するリン酸トリエステルが主基油として含まれることを特徴とする流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 2】 前記主基油が、炭素数が8～9である少なくとも1つの前記飽和炭化水素基と、炭素数が6～7である少なくとも1つの前記飽和炭化水素基とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 3】 炭素数8～9の前記飽和炭化水素基が、2-エチル-1-ヘキシル基、1-オクチル基、3, 5, 5-トリメチル-1-ヘキシル基、イソノニル基、1-ノニル基のいずれかであることを特徴とする請求項 2 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 4】 炭素数6～7の前記飽和炭化水素基が、3-メチル-1-ヘキシル基、5-メチル-1-ヘキシル基、1-ヘプチル基、1-ヘキシル基のいずれかであることを特徴とする請求項 2 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 5】 前記主基油に、他の基油、硫黄系極圧剤、防錆剤、酸化防止剤、酸性リン酸エステル、アミン系中和剤の少なくとも1つを添加して前記基油



を構成することを特徴とする請求項 1 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 6】 前記他の基油が、鉱油系基油、合成系基油、エステル油、炭素数 6 ～ 9 の飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルの少なくとも 1 つを含み、

前記基油に対する前記主基油の含有量が、30 重量%以上 100 重量%未満であることを特徴とする請求項 5 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 7】 前記主基油に含まれる 3 つの前記飽和炭化水素基の平均炭素数が、7 よりも大きく 8 未満であることを特徴とする請求項 1 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 8】 前記主基油であるリン酸トリエステルと、前記他の基油に含まれるリン酸トリエステルとを合わせた全てのリン酸トリエステルの飽和炭化水素基の平均炭素数が、7 よりも大きく 8 未満であることを特徴とする請求項 6 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 9】 前記主基油に含まれる前記飽和炭化水素基が、全て直鎖アルキル基であることを特徴とする請求項 2 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 10】 前記主基油に含まれる前記前記主基油に含まれる炭素数 8 ～ 9 の前記飽和炭化水素基が分枝アルキル基であり、前記主基油に含まれる炭素数 6 ～ 7 の前記飽和炭化水素基が、直鎖アルキル基であることを特徴とする請求項 2 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 11】 前記主基油に含まれる炭素数 8 ～ 9 の前記飽和炭化水素基が直鎖アルキル基であり、前記主基油に含まれる炭素数 6 ～ 7 の前記飽和炭化水素基が、分枝アルキル基であることを特徴とする請求項 2 に記載の流体動圧軸受用潤滑油。

【請求項 12】 軸体と、前記軸体を回転自在に収容する軸体挿入穴を形成した軸体支持部と、前記軸体と前記軸体挿入穴との間に形成された隙間に充填された請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の流体動圧軸受用潤滑油と、前記軸体と軸体支持部とをその軸線回りに相対的に回転させた際に前記流体動圧軸受用潤滑油を集めて動圧を発生する動圧発生溝を前記軸体の表面または前記軸体挿入穴の内壁面の少なくとも一方に形成した動圧発生部とを備え、



前記隙間の端部に形成され、前記軸体挿入穴の開口部に向けて漸次広がるオイルシール部が設けられ、

該オイルシール部の容積を ( $V \text{ mm}^3$ )、前記開口部の面積を ( $S \text{ mm}^2$ ) とし、

$$2 \leq S/V \leq 6 \text{ (1/mm)}、$$

とすることを特徴とする流体動圧軸受。

【請求項 13】 前記開口部の面積を、

$$0.5 \leq S \leq 6 \text{ (mm}^2\text{)}、$$

とすることを特徴とする請求項 12 に記載の流体動圧軸受。

【請求項 14】 軸体と、前記軸体を回転自在に収容する軸体挿入穴を形成した軸体支持部と、前記軸体と前記軸体挿入穴との間に形成された隙間に充填された、請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の流体動圧軸受用潤滑油と、前記軸体と軸体支持部とをその軸線回りに相対的に回転させた際に前記流体動圧軸受用潤滑油を集めて動圧を発生する動圧発生溝を前記軸体の表面または前記軸体挿入穴の内壁面の少なくとも一方に形成した動圧発生部とを備え、

前記軸体および前記軸体支持部が、同じ種類の鉄系金属材料から形成されていることを特徴とする流体動圧軸受。

【請求項 15】 コアおよびコイルからなるステータと、前記ステータに対向して円環状に配列された永久磁石を有するロータと、請求項 12 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載の流体動圧軸受とを備え、

前記ステータと前記軸体支持部とが一体的に固定され、前記ロータが、前記軸体に固定されることを特徴とするモータ。

【請求項 16】 請求項 15 に記載のモータと、薄板状の情報記録媒体と、前記情報記録媒体に情報を記録すると共に前記情報記録媒体に記録された情報を再生するヘッドスタックアッセンブリーとを備え、

前記ロータが、前記情報記録媒体を固定する固定部を備えることを特徴とする情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】



## 【発明の属する技術分野】

本発明は、軸体と軸体を回転自在に支持する軸体支持部との隙間に充填される流体動圧軸受用潤滑油、これを用いた流体動圧軸受、この流体動圧軸受を備えたモータ、およびこのモータを備えた情報記録再生装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

近年では、据え置き型のパーソナルコンピュータや携行可能なノートパソコン等の端末装置に搭載されるハードディスク装置（以下、HDDと呼ぶ。）には、磁気ディスク、光ディスク等の情報記録媒体を高速回転させるモータが設けられている。上記用途のモータには、情報記録媒体の回転速度および回転精度の向上が要求されているため、流体動圧軸受が設けられている。

この流体動圧軸受は、軸体とスリーブ（軸体支持部）との隙間に流体として潤滑油を満たし、これらが互いに接触しないように軸体とスリーブとを相互に回転させるものである（例えば、特許文献1参照。）。


## 【0003】

上記潤滑油は、基礎潤滑流体（基油）と、必要により酸化防止剤、防錆剤、摩耗防止剤等の添加剤から構成されている。ここで、基礎潤滑流体としては、情報記録媒体を駆動する際に発生する電流損失を小さくすることから低粘度であるものが好ましく、また、情報記録媒体の回転精度を向上させるために粘度の温度依存性が低いものが好ましい。また、酸化防止剤、防錆剤および摩耗防止剤は、いずれも流体動圧軸受を構成する軸体およびスリーブの劣化を防ぐものである。特に、摩耗防止剤は、軸体とスリーブとの摩擦・摩耗を防ぐ重要な要素となる。すなわち、情報記録媒体の停止時には軸体とスリーブとが接触し、情報記録媒体の駆動時には、これら軸体およびスリーブの間に摩擦・摩耗が発生するためである。

また、上記潤滑油は、長時間の使用によって少しずつ蒸発しており、動圧の発生ができない量まで蒸発すると、その時点で流体動圧軸受は機能しなくなる。このため、潤滑油は低蒸発量であることが好ましい。

## 【0004】





以上のことから、従来の流体動圧軸受用潤滑油としては、粘度が低く、かつ、高耐酸化性・境界潤滑性・低表面移動性、粘度の温度依存性および低蒸発量が比較的良好な鉱油系の潤滑油が使用されている。また、リン酸エステルを基油としたものが提案されているが、実用には至っていない。

なお、近年では、HDDを携帯電話機やデジタルカメラ等の小型の情報家電にも搭載できるように、モータや流体動圧軸受に対する小型化、薄型化の要求も高まっている

【0005】

【特許文献1】

特開2001-139971号公報（第4頁、第1-3図）

【0006】


【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、流体動圧軸受やモータの小型化、薄型化を図る場合には、軸体およびスリーブの剛性力を確保することを考慮して、軸体とスリーブとの隙間を狭くすることが求められている。したがって、この隙間に充填される潤滑油の絶対量が減少するため、さらに低蒸発量とすることが潤滑油に対して求められている。また、モータの小型化、薄型化を図る場合には、モータの発生トルクが小さくなるため、潤滑油の粘度をさらに低くすることが求められている。さらに、情報記録媒体の回転精度を向上させるために、粘度の温度依存性を少なくすることも潤滑油に対して求められている。

【0007】

ところで、流体動圧軸受を備えたモータにおいては、その起動・停止による軸受表面の油膜切れによる回転ロックの問題もある。ここで、回転ロックとは、軸体とスリーブとが相互に動くことができない状態をいい、この状態においては、流体動圧軸受が使用不可能となる。

従来では、この問題を避けるために、軸体もしくはスリーブの一方を硬い金属材料にて形成すると共に、その他方を柔らかい金属材料にて形成し、油膜切れに基づくカジリ現象の防止を図っていた。ここで、カジリ現象とは、軸体およびスリーブを同じ種類の金属材料で形成し、かつ、軸体の表面やスリーブの内壁面が



滑らかになると、軸体の表面とスリーブの内壁面が接触した際に、これら表面と内壁面とが吸着して、軸体がスリーブに対して動き難くなる現象であり、回転ロックを引き起こす要因となる。

しかしながら、このモータの小型化、薄型化を図る場合には、前述したように、軸体とスリーブとの隙間を狭くすることが求められるが、この隙間を狭くすると、相異なる金属材料からなる軸体とスリーブとが接触しやすくなるため、軸体やスリーブの摩耗が増加し、この摩耗によって発生する微細粉に基づく回転ロックの問題があった。

#### 【0008】

この回転ロックの問題を解消する方法としては、軸体およびスリーブを同じ種類の金属材料で形成し、予め軸体の表面やスリーブの内壁面に表面コーティングを施すことが検討されているが、隙間寸法が数 $\mu\text{m}$ と非常に狭いため、コーティングに厚みがあると隙間管理が困難となるため、流体動圧軸受においては実施不可能である。

この発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、長寿命化、回転精度の向上など信頼性の向上を図ると共に、消費電流の削減を図ることができる流体動圧軸受用潤滑油、流体動圧軸受、モータ、および情報記録再生装置を提供することを目的としている。

#### 【0009】

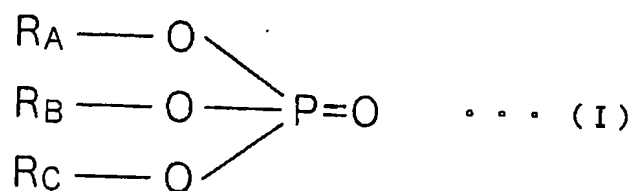
##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、この発明は以下の手段を提案している。

本発明の流体動圧軸受用潤滑油は、基油として、一般式 (I)

#### 【0010】

## 【化2】



## 【0011】

(式中、 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ は、それぞれアルキル基を示している。)により表されるリン酸トリエステルを含む流体動圧軸受用潤滑油であって、前記基油に、3つのアルキル基が飽和炭化水素基であり、かつ、1つの前記飽和炭化水素基が他の2つの前記飽和炭化水素基と異なる炭素数を有するリン酸トリエステルが主基油として含まれることを特徴とする。

## 【0012】

また、本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油は、前記主基油が、炭素数が8～9である少なくとも1つの前記飽和炭化水素基と、炭素数が6～7である少なくとも1つの前記飽和炭化水素基とを有することを特徴とする。


さらに、炭素数8～9の前記飽和炭化水素基が、2-エチル-1-ヘキシル基、1-オクチル基、3, 5, 5-トリメチル-1-ヘキシル基、イソノニル基、1-ノニル基のいずれかであることを特徴とする。

また、炭素数6～7の前記飽和炭化水素基が、3-メチル-1-ヘキシル基、5-メチル-1-ヘキシル基、1-ヘプチル基、1-ヘキシル基のいずれかであることを特徴とする。

## 【0013】

さらに、本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油は、前記主基油に、他の基油、硫黄系極圧剤、防錆剤、酸化防止剤、酸性リン酸エステル、アミン系中和剤の少なくとも1つを添加して前記基油を構成することを特徴とする。

また、前記他の基油が、鉱油系基油、合成系基油、エステル油、炭素数6～9の飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルの少なくとも1つを含み、前記基



油に対する前記主基油の含有量が、30重量%以上100重量%未満であることを特徴とする。

## 【0014】

さらに、本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油は、前記主基油に含まれる3つの前記飽和炭化水素基の平均炭素数が、7よりも大きく8未満であることを特徴とする。

また、前記主基油であるリン酸トリエステルと、前記他の基油に含まれるリン酸トリエステルとを合わせた全てのリン酸トリエステルの飽和炭化水素基の平均炭素数が、7よりも大きく8未満であることを特徴とする。

## 【0015】

また、本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油は、前記主基油に含まれる前記飽和炭化水素基が、全て直鎖アルキル基であることを特徴とする。

さらに、前記主基油に含まれる前記前記主基油に含まれる炭素数8～9の前記飽和炭化水素基が分枝アルキル基であり、前記主基油に含まれる炭素数6～7の前記飽和炭化水素基が、直鎖アルキル基であることを特徴とする。


また、前記主基油に含まれる炭素数8～9の前記飽和炭化水素基が直鎖アルキル基であり、前記主基油に含まれる炭素数6～7の前記飽和炭化水素基が、分枝アルキル基であることを特徴とする。

## 【0016】

この発明に係る流体動圧軸受用潤滑油によれば、全て同じ炭素数である飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルを基油とした従来の流体動圧軸受用潤滑油（以下、潤滑油とも呼ぶ。）よりも、潤滑油の蒸発量と粘度とのトレードオフの関係を弱くすることができる。したがって、さらに低蒸発量で、かつ粘度が低く、粘度の温度依存性も低い潤滑油を提供することが可能となる。

## 【0017】

また、本発明に係る流体動圧軸受は、軸体と、前記軸体を回転自在に収容する軸体挿入穴を形成した軸体支持部と、前記軸体と前記軸体挿入穴との間に形成された隙間に充填された前記流体動圧軸受用潤滑油と、前記軸体と軸体支持部とをその軸線回りに相対的に回転させた際に前記流体動圧軸受用潤滑油を集めて動圧



を発生する動圧発生溝を前記軸体の表面または前記軸体挿入穴の内壁面の少なくとも一方に形成した動圧発生部とを備え、前記隙間から前記軸体挿入穴の開口部に向けて漸次広がるテーパ状に形成されたオイルシール部が設けられ、該オイルシール部の容積を ( $V \text{ mm}^3$ )、前記開口部の面積を ( $S \text{ mm}^2$ ) として、 $2 \leq S/V \leq 6$  ( $1/\text{mm}$ )、とすることを特徴とする。

また、前記開口部の面積を、 $0.5 \leq S \leq 6$  ( $\text{mm}^2$ )、とすることを特徴とする。

#### 【0018】


この発明に係る流体動圧軸受によれば、低蒸発量の潤滑油を使用しているため、オイルシール部の容積  $V$  に対して開口部面積  $S$  を大きくしても潤滑油の蒸発量の増加を抑制することができる。すなわち、オイルシール部の容積  $V$  を一定とした場合には、開口部面積  $S$  を増加させてオイルシール部の長さ寸法を短くすることができる。また、開口面積を一定とした場合には、容積  $V$  を小さくしてオイルシール部に充填する潤滑油の量を少なくしても、流体動圧軸受を長時間使用することができる。

なお、オイルシール部の開口部面積  $S$  と容積  $V$  との比  $S/V$  を  $6$  ( $1/\text{mm}$ ) よりも大きくした場合には、オイルシール部がキャピラリーシールとして機能なくなり、潤滑油が隙間から外方に容易に漏出してしまうため、 $S/V$  を  $6$  ( $1/\text{mm}$ ) 以下とする。また、開口部面積  $S$  を  $6$  ( $\text{mm}^2$ ) よりも大きくした場合には、潤滑油の蒸発量が多くなってしまうため、開口部面積  $S$  を  $6$  ( $\text{mm}^2$ ) 以下とする。さらに、 $S/V$  を  $2$  よりも小さくしたり、開口部面積  $S$  を  $0.5$  ( $\text{mm}^2$ ) よりも小さくした場合には、オイルシール部の長さ寸法が長くなり、流体動圧軸受の小型化が困難となるため、 $S/V$  を  $2$  ( $1/\text{mm}$ ) 以上とし、開口部面積  $S$  を  $0.5$  ( $\text{mm}^2$ ) 以上とする。

#### 【0019】

また、本発明に係る流体動圧軸受は、前記軸体および前記軸体支持部が、同じ種類の鉄系金属材料から形成されていることを特徴とする。

この発明に係る流体動圧軸受によれば、軸体が軸体支持部に対して停止している状態においては、軸体の表面の一部が軸体支持部の内周面に接触している。そ



して、この停止状態から軸体を軸体支持部に対して回転させた際には、これら軸体と軸体支持部との間に摩擦が発生する。この摩擦等によって発生する熱は潤滑油を加熱するため、潤滑油に含まれるリン酸エステルが高温分解されると共に軸体および軸体支持部の鉄分と結合して、リン化鉄 ( $\text{FeP}$ 、 $\text{Fe}_3\text{P}$ 、 $\text{Fe}_2\text{P}$ 、 $\text{FeP}_2$ ) が生成される。このリン化鉄は、軸体の表面やスリーブの内壁面に存在する凹部に入り込んで平滑面を形成すると共に、潤滑性に優れる皮膜を軸体の表面や軸体支持部の内壁面に形成する。上述の凹部は、軸体と軸体支持部との摩擦等によって形成されるものである。

したがって、軸体と軸体支持部との隙間に局所的な油膜切れが発生しても、上記皮膜が形成されるため、流体動圧軸受におけるカジリ現象の発生を抑制して回転ロックを防止することができる。

また、軸体および軸体支持部が、硬度の等しい同じ種類の金属材料から構成されているため、前述した摩擦による軸体および軸体支持部の摩耗を抑制することができる。


#### 【0020】

また、本発明に係るモータは、コアおよびコイルからなるステータと、前記ステータに対向して円環状に配列された永久磁石を有するロータと、前記流体動圧軸受とを備え、前記ステータと前記軸体支持部とが一体的に固定され、前記ロータが、前記軸体に固定されることを特徴とする。

この発明に係るモータによれば、粘度の低い潤滑油を使用するため、ロータをステータに対して回転させる際に、潤滑油の抵抗が少なくなり、ロータの駆動に要する消費電流を削減することができる。

また、粘度の温度依存性が低い潤滑油を使用するため、ロータをステータに対して回転させた際に、軸体と軸体支持部との摩擦等により潤滑油の温度が変化しても、その粘度の変化量は少ない。したがって、低温時の潤滑油粘度の上昇に伴うモータの消費電流の上昇を抑制できると共に、高温時の潤滑油粘度の低下に伴う軸受剛性の低下を抑制するため、ステータに対するロータの回転精度を維持できる。

#### 【0021】



また、本発明に係る情報記録再生装置は、前記モータと、薄板状の情報記録媒体と、前記情報記録媒体に情報を記録すると共に前記情報記録媒体に記録された情報を再生するヘッドスタックアッセンブリーとを備え、前記ロータが、前記情報記録媒体を固定する固定部を備えることを特徴とする。

この発明に係る情報記録再生装置によれば、ステータに対するロータの回転精度が向上する、すなわち、モータの回転むらが抑制されるため、モータにより情報記録媒体を回転させた際にはロータが安定して回転することになる。このため、ロータおよび情報記録媒体を回転させ、ヘッドスタックアッセンブリーにより情報記録媒体に情報を記録したり、情報記録媒体に記録された情報を再生したりする際に不具合が発生することを防止することができる。

【0022】

#### 【発明の実施の形態】


図1から図7はこの発明に係る一実施形態を示す図である。図1に示すように、この実施の形態に係るHDD（情報記録再生装置）1は、モータ3を備えている。このモータ3は、浅底の略円筒状に形成されたベースプレート40と、ベースプレート40に固定されたステータ4と、ステータ4に対して中心軸線A1回りに回転するロータ5と、ステータ4に対してロータ5を回転自在に支持する流体動圧軸受7とを備えている。

流体動圧軸受部7は、断面略十字型の円柱状に形成された軸体11と、軸体11を回転自在に収容する断面略十字型の軸体挿入穴13aを有するスリーブ（軸体支持部）13と、軸体挿入穴13aと軸体11との隙間に充填された潤滑油（流体動圧軸受用潤滑油）15とを備えている。

【0023】

軸体11は、図2に示すように、その中心軸線A1方向の中央部に鐔状に形成されたスラスト軸部17と、中心軸線A1方向の両側に突出する略円柱状の支持部19およびラジアル軸部21とを備えており、これらスラスト軸部17、支持部19およびラジアル軸部21は一体的に形成されている。

ラジアル軸部21の外周面21aには、ヘリングボーンと呼ばれる形状の動圧発生溝23が複数形成されている。また、スラスト軸部17の表面17aおよび



裏面 17b には、スパイラル形状の動圧発生溝（図示せず）が複数形成されている。

#### 【0024】

これら動圧発生溝は、軸体 11 を中心軸線 A1 回りに回転させた際に、潤滑油 15 を集めて動圧を発生させ、スリーブ 13 により軸体 11 を回転可能に支持するものである。すなわち、ラジアル軸部 21 の動圧発生溝 23 において発生する潤滑油 15 の動圧（ラジアル動圧）が軸体 11 の径方向の軸受の役割を果たしている。また、スラスト軸部 17 の動圧発生溝において発生する潤滑油 15 の動圧（スラスト動圧）が軸体 11 の中心軸線 A1 方向の軸受の役割を果たしている。これら潤滑油 15 および動圧発生溝により動圧発生部 25 が構成されている。

#### 【0025】

スリーブ 13 は、有底略円筒状のスリーブ本体 27 と、軸体 11 の支持部 19 を突出させた状態で、軸体 11 との間に隙間を空けてスリーブ本体 27 の開放端を塞ぐカウンタープレート 29 とから構成されている。スリーブ本体 27 は、ベース部材 2 に固定されており、小径円筒部 31 と大径円筒部 33 とから構成されている。

小径円筒部 31 は、軸体挿入穴 13a のうち閉塞端側を形成する穴 35 を有しており、この穴 35 にはラジアル軸部 21 を挿入できるようになっている。

大径円筒部 33 は、軸体挿入穴 13a の開放端側を形成する貫通孔 37 を有しており、この貫通孔 37 にはスラスト軸部 17 を挿入できるようになっている。


これら小径円筒部 31 および大径円筒部 33 は、一体的に形成されている。

#### 【0026】

カウンタープレート 29 は、略円盤状に形成されており、その中心軸線 A1 方向に支持部 19 を挿入するための貫通孔 39 が形成されている。この貫通孔 39 は、小径円筒部 31 の穴 35 および大径円筒部 33 の貫通孔 37 と共に軸体挿入穴 13a を構成している。また、この貫通孔 39 は、図 3 に示すように、中心軸線 A1 に沿ってロータ 5 側に向けてすり鉢状に拡径するテーパ面 39a を有している。

この貫通孔 39 のテーパ面 39a と、テーパ面 39a に対向する支持部 19 の





外周面とにより挟まれる断面視略台形状の領域が、軸体 11 と軸体挿入穴 13a との隙間から潤滑油 15 が漏出することを防止するオイルシール部 38 となっている。すなわち、オイルシール部 38 は、軸体 11 と軸体挿入穴 13a との隙間の端部に形成され、軸体挿入穴 13a の開口部に向けて漸次広がるように形成されている。

## 【0027】

ここで、このオイルシール部 38 の容積を  $V$  ( $\text{mm}^3$ )、オイルシール部 38 の開口部側の面積を  $S$  ( $\text{mm}^2$ ) とした場合には、これら  $V$  と  $S$  との関係が、 $2 \leq S/V \leq 6$  ( $1/\text{mm}$ )、なっている。また、この場合には、開口部面積  $S$  が、 $0.5 \leq S \leq 6$  ( $\text{mm}^2$ )、となっている。

ここで、オイルシール部の開口部面積  $S$  と容積  $V$  との比  $S/V$  を 6 ( $1/\text{mm}$ ) よりも大きくした場合には、オイルシール部 38 がキャピラリーシールとして機能しなくなり、潤滑油 15 が隙間から外方に容易に漏出してしまうため、 $S/V$  を 6 ( $1/\text{mm}$ ) 以下としている。また、開口部面積  $S$  を 6 ( $\text{mm}^2$ ) よりも大きくした場合には、潤滑油 15 の蒸発量が多くなってしまうため、開口部面積  $S$  を 6 ( $\text{mm}^2$ ) 以下としている。さらに、 $S/V$  を 2 よりも小さくしたり、開口部面積  $S$  を 0.5 ( $\text{mm}^2$ ) よりも小さくした場合には、オイルシール部 38 の長さ寸法が長くなり、流体動圧軸受部 7 の小型化が困難となるため、 $S/V$  を 2 ( $1/\text{mm}$ ) 以上とし、開口部面積  $S$  を 0.5 ( $\text{mm}^2$ ) 以上とする。

## 【0028】

なお、従来の流体動圧軸受の場合には、潤滑油の蒸発を抑制することを目的として  $S$  を小さくする必要があったため、これら  $V$  と  $S$  との比が、本実施形態の  $S/V$  の値よりも小さく、 $S/V = 1.8$  ( $1/\text{mm}$ ) としていた。このため、図 3、4 に示すように、従来の流体動圧軸受部のオイルシール部 38 においては、中心軸線 A1 方向にわたる長さ寸法 X2 が、本実施形態のオイルシール部 38 における長さ寸法 X1 よりも長くなる。すなわち、流体動圧軸受部の小型化が困難となる。

## 【0029】

以上のように構成された流体動圧軸受 7 において、軸体 11 がスリーブ 13 に

対して回転した際には、この穴 35 の内周面 35 a とラジアル軸部 21 の外周面 21 a との隙間 R1 に潤滑油 15 が集められてラジアル動圧が発生する。また、この際には、スラスト軸部 17 の表面 17 a と、この表面 17 a に対向するカウンタープレート 29 の裏面 29 a との隙間 R2、およびスラスト軸部 17 の裏面 17 b と、この裏面 17 b に対向する小径円筒部 31 の軸方向の端面 31 a との隙間 R3 に、潤滑油 15 が集められてスラスト動圧が発生する。

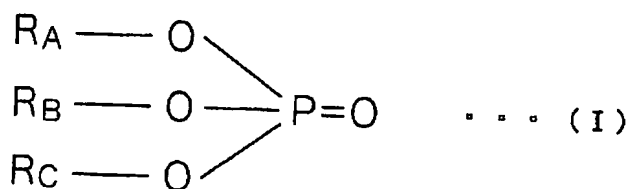
この流体動圧軸受 7 を構成する軸体 7 およびスリーブ 13 は、同一種類の鉄系金属材料から形成されている。

【0030】

なお、潤滑油 15 には、下記の化学式で表されるリン酸トリエステルが潤滑油組成物における基油として含まれている。

【0031】


【化3】



【0032】

上記一般式 (I) において、 $\text{R}_A$ 、 $\text{R}_B$ 、 $\text{R}_C$  は、それぞれ飽和炭化水素基であるアルキル基を示しており、これら  $\text{R}_A \sim \text{R}_C$  のうち 1 つの飽和炭化水素基が、他の 2 つの飽和炭化水素基と異なる炭素数を有しているものを、主たる基油（以下、第 1 の基油と呼ぶ。）としている。

この第 1 の基油（主基油）のリン酸トリエステルは、炭素数が 8～9 である少なくとも 1 つの飽和炭化水素基と、炭素数が 6～7 である少なくとも 1 つの前記飽和炭化水素基とを有することが好ましい。ここで、炭素数が 8～9 である飽和炭化水素基としては、2-エチル-1-ヘキシル基、1-オクチル基、3, 5, 5-トリメチル-1-ヘキシル基、イソノニル基、1-ノニル基のいずれかであ



ることが好ましい。また、炭素数が6～7である飽和炭化水素基としては、3-メチルー1-ヘキシル基、5-メチルー1-ヘキシル基、1-ヘプチル基、1-ヘキシル基のいずれかであることが好ましい。さらに、第1の基油のリン酸トリエステルに含まれる3つの飽和炭化水素基の平均炭素数は、7よりも大きく8未満である。

また、第1の基油のリン酸トリエステルにおいて、炭素数8～9である飽和炭化水素基を分枝アルキル基とし、炭素数6～7である飽和炭化水素基を直鎖アルキル基とすることが好ましい。ただし、これに限ることはなく、第1の基油のリン酸トリエステルに含まれる全ての飽和炭化水素基を直鎖アルキル基としたり、分枝アルキル基としたりしてもよい。

#### 【0033】

この第1の基油には、必要に応じて、(イ) 第2の基油 (他の基油)、(ロ) 硫黄系極圧剤 (ハ) 防錆剤 (ニ) 酸化防止剤 (ホ) 酸性リン酸エステル (ヘ) アミン系中和剤等が添加されている。

なお、第1の基油に第2の基油を添加して潤滑油の基油とする場合には、基油に対する第1の基油の含有量を30重量%以上100重量%未満とすることが好ましい。また、この場合には、第1の基油であるリン酸トリエステルと、第2の基油に含まれるリン酸トリエステルとを合わせた全てのリン酸トリエステルの飽和炭化水素基の平均炭素数が、7よりも大きく8未満であることが好ましい。

#### 【0034】

(イ) 第2の基油とは、好ましくは40℃における動粘度が2～4600 ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )、さらに好ましくは2～460 ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )、特に好ましくは2～220 ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ) のものであり、その種類は特に限定されるものではない。すなわち、通常設備油の基油として使用されているものであればよく、鉱油系、合成油系を問わない。

鉱油系基油としては、例えば、パラフィン系原油、中間系原油、ナフテン系原油を常圧蒸留または減圧蒸留し、その潤滑油蒸留分を溶剤脱れき、水素化分解、溶剤脱ろう、接触脱ろう、水素化精製、硫酸洗浄、白土処理などの精製法により得られる精製油があり、水素化精製した1次水添ベース、2次水添ベース



、また溶剤精製ベースのものが好ましく、中でも2次水添ベースの高精製鉱油が特に好ましい。

また、合成油系基油としては、例えば、ポリ $\alpha$ -オレフィン、ポリブテン、二塩基酸エステル、ポリアルキレングリコール、ヒンダードエステル、芳香族トリカルボン酸エステル、アルキルベンゼン、アルキルナフタレン、ポリエーテルなど様々なものが使用できるが、中でもポリ $\alpha$ -オレフィンが好ましい。

#### 【0035】

また、第2の基油は、エステル油、一般式(I)の各 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ に含まれる炭素数が全て等しいリン酸トリエステルであっても構わない。第2の基油のリン酸トリエステルは、炭素数6~9の飽和炭化水素基を有することが好ましい。

このリン酸エステルとしては、トリアリールホスフェート、トリアルキルホスフェート、トリアルキルアリールホスフェート、トリアリールアルキルホスフェート、トリアルニケルホスフェートなどがあり、具体的には、例えば、トリフェニルホスフェート、トリクレジルホスフェート、ベンジルジフェニルホスフェート、エチルジフェニルホスフェート、トリブチルホスフェート、エチルジブチルホスフェート、クレジルジフェニルホスフェート、ジクレジルフェニルホスフェート、エチルフェニルジフェニルホスフェート、ジエチルフェニルフェニルホスフェート、プロピルフェニルジフェニルホスフェート、ジプロピルフェニルフェニルホスフェート、トリエチルフェニルホスフェート、トリプロピルフェニルホスフェート、ブチルフェニルジフェニルホスフェート、ジブチルフェニルフェニルホスフェート、トリブチルフェニルホスフェート、トリヘキシルホスフェート、トリヘプチルホスフェート、トリ(2-エチルヘキシル)ホスフェート、トリオクチルホスフェート、トリノニルホスフェート、トリデシルホスフェート、トリラウリルホスフェート、トリミリスチルホスフェート、トリパルミチルホスフェート、トリステアリルホスフェート、トリオレイルホスフェートなどがある。

以上の基油は一種類を単独で使用してもよいし、二種類以上組み合わせて使用してもよい。

#### 【0036】

(ロ) 硫黄系極圧剤としては、分子内に硫黄原子を有し、潤滑油基油中に分散し得ると共に、極圧性や良好な摩擦特性を発揮するものが用いられる。

このような物質としては、例えば、硫化油脂、硫化脂肪酸、硫化エステル、硫化オレフィン、ジヒドロカルビルポリサルファイド、チアジアゾール化合物、アルキルチオカルバモイル化合物、チオカーバメート化合物、チオテルペン化合物、ジアルキルチオジプロピオネート化合物などを挙げることができる。

上記硫化油脂は、硫黄や硫黄含有化合物と油脂（ラード油、鯨油、植物油、魚油等）とを反応させて得られるものであり、硫化油脂の硫黄含有量については特に制限はないが、一般に、5～30重量%のものを使用することが好適である。この硫化油脂としては、例えば、硫化ラード、硫化なたね油、硫化ひまし油、硫化大豆油、硫化米ぬか油などがある。

また、上記硫化脂肪酸としては、例えば、硫化オレイン酸メチルなどがあり、上記硫化エステルとしては、例えば、硫化オレイン酸メチル、硫化米ぬか脂肪酸・オクチルなどがある。

#### 【0037】

(ハ) 防錆剤としては、金属系スルホネート、カルボン酸、アルカノールアミン、アミド、酸アミド、リン酸エステルの金属塩などがあり、中でもカルボン酸が好ましい。また、金属不活性化剤としては、ベンゾトリアゾール、チアジアゾールなどがあり、中でもベンゾトリアゾールが好ましい。

#### 【0038】

(ニ) 酸化防止剤としては、アミン系酸化防止剤やフェノール系酸化防止剤が好ましく用いられる。

アミン系酸化防止剤としては、例えば、モノオクチルジフェニルアミン、モノノニルジフェニルアミンなどのモノアルキルジフェニルアミン系、4, 4'-ジブチルジフェニルアミン、4, 4'-ジペンチルジフェニルアミン、4, 4'-ジヘキシルジフェニルアミン、4, 4'-ジヘプチルジフェニルアミン、4, 4'-ジオクチルジフェニルアミン、4, 4'-ジノニルジフェニルアミンなどのジアルキルジフェニルアミン系、テトラブチルジフェニルアミン、テトラヘキシルジフェニルアミン、テトラオクチルジフェニルアミン、テトラノニルジフェニ



ルアミンなどのポリアルキルジフェニルアミン系、 $\alpha$ -ナフチルアミン、フェニル- $\alpha$ -ナフチルアミン、ブチルフェニル- $\alpha$ -ナフチルアミン、ペンチルフェニル- $\alpha$ -ナフチルアミン、ヘキシルフェニル- $\alpha$ -ナフチルアミン、ヘプチルフェニル- $\alpha$ -ナフチルアミン、オクチルフェニル- $\alpha$ -ナフチルアミン、ノニルフェニル- $\alpha$ -ナフチルアミンなどのナフチルアミン系のものがある。これらの中では、ジアルキルジフェニルアミン系およびナフチルアミン系のものが、抗酸化寿命の点で特に好ましい。

また、フェノール系酸化防止剤としては、例えば、2, 6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェノール、2, 6-ジ-tert-ブチル-4-エチルフェノール、2, 6-ジ-tert-ブチル-4-{4, 6-ビス(オクチルチオ)}-1, 3, 5-トリアジン-2-イルアミノ}フェノールなどのモノフェノール系や、4, 4'-メチレンビス(2, 6-ジ-tert-ブチルフェノール)、2, 2'-メチレンビス(4-エチル-6-tert-ブチルフェノール)などのジフェノール系のものがある。

これら酸化防止剤は、一種類を単独で用いてもよいし、二種類以上を組み合わせ用いてもよい。また、この酸化防止剤の配合量の範囲は、流体動圧軸受用潤滑油の全重量に対して、0.01~5.0重量%であり、好ましくは0.03~3.0重量%である。

#### 【0039】

(ホ) 酸性リン酸エステルとしては、例えば、2-エチルヘキシルアシッドホスフェート、エチルアシッドホスフェート、ブチルアシッドホスフェート、オレイルアシッドホスフェート、テトラコシルアシッドホスフェート、イソデシルアシッドホスフェート、ラウリルアシッドホスフェート、トリデシルアシッドホスフェート、ステアリルアシッドホスフェート、イソステアリルアシッドホスフェートなどがある。

また、亜リン酸エステルとしては、例えば、トリエチルホスファイト、トリブチルホスファイト、トリフェニルホスファイト、トリクレジルホスファイト、トリ(ノニルフェニル)ホスファイト、トリ(2-エチルヘキシル)ホスファイト、トリデシルホスファイト、トリラウリルホスファイト、トリイソオクチルホス

ファイト、ジフェニルイソデシルホスファイト、トリステアリルホスファイト、トリオレイルホスファイトなどがある。

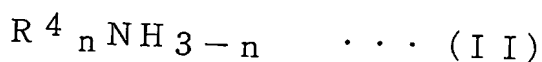
また、酸性亜リン酸エステルとしては、例えば、ジブチル水素ホスファイト、ジラウリル水素ホスファイト、ジオレイル水素ホスファイト、ジステアリル水素ホスファイト、ジフェニル水素ホスファイトなどがある。

以上のリン酸エステル類の中でも、トリクレジルホスフェート、トリフェニルホスフェートが好適である。

【0040】

(へ) アミン系中和剤は、前述したリン酸エステル類と中和してアミン塩を形成するものである。このアミン系中和剤としては、例えば、一般式 (I I)

【0041】



【0042】

(式中の  $R^4$  は、炭素数 3 ~ 30 のアルキル基もしくはアルケニル基、炭素数 6 ~ 30 のアリール基もしくはアリールアルキル基、炭素数 2 ~ 30 のヒドロキシアルキル基を示し、 $n$  は 1, 2 または 3 を示している。また、 $R^4$  が複数ある場合、複数の  $R^4$  は同一のものでもよいし、相異なるものでもよい。) で表されるモノ置換アミン、ジ置換アミンまたはトリ置換アミンがある。なお、上記一般式 (I I) における  $R^4$  のうち、炭素数 3 ~ 30 のアルキル基もしくはアルケニル基は、直鎖状、分岐状、環状のいずれであっても構わない。

ここで、モノ置換アミンとしては、例えば、ブチルアミン、ペンチルアミン、ヘキシルアミン、シクロヘキシルアミン、オクチルアミン、ラウリルアミン、ステアリルアミン、オレイルアミン、ベンジルアミンなどがある。

また、ジ置換アミンとしては、例えば、ジブチルアミン、ジペンチルアミン、ジヘキシルアミン、ジシクロヘキシルアミン、ジオクチルアミン、ジラウリルアミン、ジステアリルアミン、ジオレイルアミン、ジベンジルアミン、ステアリル・モノエタノールアミン、デシル・モノエタノールアミン、ヘキシル・モノプロパノールアミン、ベンジル・モノエタノールアミン、フェニル・モノエタノール

アミン、トリル・モノプロパノールアミンなどがある。

さらに、トリ置換アミンとしては、例えば、トリブチルアミン、トリペンチルアミン、トリヘキシルアミン、トリシクロヘキシルアミン、トリオクチルアミン、トリラウリルアミン、トリステアリルアミン、トリオレイルアミン、トリベンジルアミン、ジオレイル・モノエタノールアミン、ジラウリル・モノプロパノールアミン、ジオクチル・モノエタノールアミン、ジヘキシル・モノプロパノールアミン、ジブチル・モノプロパノールアミン、オレイル・ジエタノールアミン、ステアリル・ジプロパノールアミン、ラウリル・ジエタノールアミン、オクチル・ジプロパノールアミン、ブチル・ジエタノールアミン、ベンジル・ジエタノールアミン、フェニル・ジエタノールアミン、トリル・ジプロパノールアミン、キシリル・ジエタノールアミン、トリエタノールアミン、トリプロパノールアミンなどがある。

#### 【0043】

上記潤滑油15の組成の具体例について、以下に説明する。

##### (具体例1)

ここでは、一般式(I)における飽和炭化水素基 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ が炭素数8の2-エチルヘキシル基および炭素数7の1-ヘプチル基であるリン酸トリエステルを、潤滑油組成物における基油P1とする。

#### 【0044】

【表1】

	リン酸エステルの $R_A, R_B, R_C$	重量%
第1の基油	1つが2-エチル-1-ヘキシル基 2つが1-ヘプチル基	48
	2つが2-エチル-1-ヘキシル基 1つが1-ヘプチル基	31
第2の基油	全て1-ヘプチル基	14
	全て2-エチル-1-ヘキシル基	7

#### 【0045】



すなわち、表1に示すように、 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ のうち、1つを2-エチル-1-ヘキシル基とすると共に、残りの2つを1-ヘプチル基とし、各 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ に含まれる炭素数を8, 8, 7としたリン酸トリエステルと、 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ のうち、2つを2-エチル-1-ヘキシル基とすると共に、残りの1つを1-ヘプチル基とし、各 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ に含まれる炭素数を8, 7, 7としたリン酸トリエステルとにより第1の基油を構成する。

また、 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ の全てを1-ヘプチル基としたリン酸トリエステルと、 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ の全てを2-エチル-1-ヘキシル基としたリン酸トリエステルとにより第2の基油を構成する。この第2の基油を上記第1の基油に配合したものが、潤滑油組成物としての基油P1となる。この基油P1を構成する各種のリン酸トリエステルの重量比を表1に示す値とすると、この基油P1において各 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ に含まれる平均炭素数は、7.44となる。

【0046】

【表2】

潤滑油		L1	L2	L3	L4
配合比(単位部)	P1	95.3	92.8	92.4	98.8
	Q1	1	2	2	—
	A1	3	5	5	1
	T1	0.1	0.1	—	—
	S1	0.5	—	0.5	—
	B1	0.1	0.1	0.1	0.2
潤滑油の特性	20℃比重 (kg/m <sup>3</sup> )	0.927	0.925	0.926	0.926
	20℃粘度 (mPa·s)	12.35	12.60	12.80	12.25
	引火点 (℃)	228	220	215	230

【0047】

この潤滑油には、表2に示すように、基油P1に加えて、アミン系中和剤であ

るジオクチルアミン (A1)、および酸化防止剤である2,6-ジ-*tert*-ブチル-4-メチルフェノール (B1) が配合されている。また、この潤滑油には、酸性リン酸エステルであるラウリルアシッドホスフェート (Q1)、防錆剤であるベンゾトリアゾール (T1)、および、極圧性や摩擦特性を向上させる硫黄系極圧剤であるジヒドロカルビルポリサルファイド (S1) も適宜配合されている。これにより4種類の潤滑油L1~L4が構成されている。

なお、表2中の比重および粘度は、20℃における値となっている。

【0048】

(具体例2)

ここでは、一般式 (I) における飽和炭化水素基  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$  が炭素数8の1-オクチル基および炭素数6の1-ヘプチル基であるリン酸トリエステルを、潤滑油組成物における基油P2~P4とする。

【0049】

【表3】

	リン酸エステルの $R_A, R_B, R_C$	P2 重量%	P3 重量%	P4 重量%
第1の基油	2つが1-オクチル基 1つが1-ヘキシル基	62	59	58
	1つが1-オクチル基 2つが1-ヘキシル基	5	10	17
第2の基油	全て1-オクチル基	33	30	23
	全てヘキシル	0	1	2
平均炭素数		7.42	7.45	7.35

【0050】

すなわち、表3に示すように、 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ のうち、2つを1-オクチル基とすると共に、残りの1つを1-ヘキシル基とし、各 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ に含まれる炭素数を8, 8, 6としたリン酸トリエステルと、 $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ のうち、1つを1-オクチル基とすると共に、残りの2つを1-ヘキシル基とし、各 $R$

A, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub>に含まれる炭素数を8, 6, 6としたリン酸トリエステルとにより第1の基油を構成する。

また、R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub>の全てを1-オクチル基としたリン酸トリエステルと、R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub>の全てを1-ヘキシル基としたリン酸トリエステルとにより第2の基油を構成する。この第2の基油を上記第1の基油に配合したものが、潤滑油組成物としての基油P2～P4となる。各基油P2～P4を構成する各種のリン酸トリエステルの重量比を表3に示す値とすると、各基油P2～P4において各R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub>に含まれる平均炭素数は、それぞれ、7.42、7.45、7.35となる。

【0051】

【表4】

潤滑油		L5	L6	L7
配合比(単位部)	P2	96.9	—	—
	P3	—	96.4	—
	P4	—	—	96.9
	Q2	—	0.5	—
	A2	3.0	3.0	3.0
	B2	0.1	0.1	0.1
潤滑油の特性	20℃比重 (kg/m <sup>3</sup> )	0.916	0.919	0.920
	20℃粘度 (mPa·s)	12.03	11.58	11.50
	引火点 (℃)	228	220	215

【0052】

この潤滑油には、表4に示すように、各基油P2～P4に加えて、アミン系中和剤であるトリシクロヘキシルアミン(A2)、および酸化防止剤であるフェニル- $\alpha$ -ナフチルアミン(B2)が配合されている。また、この潤滑油には、酸性リン酸エステルであるステアリルアシッドホスフェート(Q2)も適宜配合されている。これにより、各基油P2～P4を使用した3種類の潤滑油L5～L7

がそれぞれ構成されている。

### 【0053】

(具体例3)

ここでは、一般式(I)における飽和炭化水素基 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ に含まれる炭素数を6～9としたリン酸トリエステルを、潤滑油組成物における基油P8～P10とする。

### 【0054】

【表5】

	P8	P9	P10
リン酸エステル の $R_A, R_B, R_C$	1-ノニル基 及び 2-エチル-1-ブチル基	1-オクチル基 及び 1-ヘプチル基	イソノニル基 及び 1-ヘプチル基
平均炭素数	7.35	7.67	7.24

### 【0055】

すなわち、表5に示すように、 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ を炭素数9の1-ノニル基や炭素数6の2-エチル-1-ブチル基としたリン酸トリエステルを第1の基油とし、各 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ に含まれる平均炭素数を7.35とした。この第1の基油のみから基油P8が構成される。

また、 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ を炭素数8の1-オクチル基や炭素数7の1-ヘプチル基としたリン酸トリエステルを第1の基油とし、各 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ に含まれる平均炭素数を7.67とした。この第1の基油のみから基油P9が構成される。

さらに、 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ を炭素数8のイソノニル基や炭素数7の1-ヘプチル基としたリン酸トリエステルを第1の基油とし、各 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ に含まれる平均炭素数を7.24とした。この第1の基油のみから基油P10が構成される。

### 【0056】

【表 6】

潤滑油		L8	L9	L10
配合比(単位部)	P8	97.8	—	—
	P9	—	97.8	—
	P10	—	—	87.8
	Q3	—	—	10
	A3	2	2	2
	B3	0.2	0.2	0.2
潤滑油の特性	20℃比重 (kg/m <sup>3</sup> )	0.910	0.926	0.916
	20℃粘度 (mPa·s)	13.14	12.76	13.55
	引火点 (℃)	242	230	245

## 【0057】

この潤滑油には、表 6 に示すように、各基油 P 8 ～ P 1 0 に加えて、アミン系中和剤であるジオクチル・モノエタノールアミン (A 3)、および酸化防止剤である 2, 6-ジ-*tert*-ブチル-4-エチルフェノール (B 3) が配合されている。また、この潤滑油には、酸性リン酸エステルであるトリ (2-エチルヘキシル) ホスフェート (Q 3) も適宜配合されている。これにより、各基油 P 8 ～ P 1 0 を使用した 3 種類の潤滑油 L 8 ～ L 1 0 がそれぞれ構成されている。

## 【0058】

ステータ 4 は、図 1 に示すように、ベースプレート 4 0 の内周面 4 0 a に固定された複数のコア 4 1 と、各コア 4 1 に巻き付けられたコイル 4 3 とを備えている。また、ベースプレート 4 0 の底壁部 4 0 b の中央部には、中心軸線 A 1 を中心とした穴 4 0 c が形成されており、この穴 4 0 c に前述したスリーブ本体 2 7 が固定されるようになっている。すなわち、ステータ 4 とスリーブ 1 3 とがベースプレート 4 0 により一体的に固定されることになる。

コイル 4 3 は、ケーブル 4 2 を介して図示しない電源と電氣的に接続されてお

り、これらコア41およびコイル43により交番磁界が形成できるようになっている。

【0059】

ロータ5は、有底略円筒状に形成されている。このロータ5の底壁部47の中央部には、中心軸線A1を中心とした貫通孔47aが形成されており、軸体11の支持部19に固定されている。ロータ5の底壁部47の周縁から突出する円筒壁部49の外周面49aには、円環状に形成された永久磁石51が接着剤等により固定されている。

永久磁石51は、円環状に複数の磁極を配列し、これら各磁極の磁束方向が永久磁石51の径方向と略一致する所謂ラジアル異方性もしくは等方性のネオジウム磁石である。この永久磁石51は、その外周面51aとコア41との間に一定の隙間を有するように位置している。したがって、コア41およびコイル43において交番磁界を発生させた際には、この交番磁界が永久磁石51に作用してロータ5が中心軸線A1回りに回転することになる。

【0060】

ロータ5の底壁部47の周縁には、磁気ディスク（情報記録媒体）91を支持するための段部（固定部）47bが形成されている。この段部47bに磁気ディスク91の中央に形成された中央孔91aを嵌め込むことにより、磁気ディスク91が、ロータ5および軸体11と共に中心軸線A1回りに回転することができるようになっている。

また、このHDD1は、ステータ4に固定されるヘッドスタックアッセンブリ（HSA）を備えており、このHSAには、磁気ディスク91の表面および裏面に沿って磁気ディスク91の外周縁と内周縁との間を移動する磁気ヘッドが設けられている。この磁気ヘッドは、磁気ディスク91に情報を記録すると共に磁気ディスク91に記録された情報を再生できるように構成されている。

【0061】

以上のように構成されるHDD1において使用する潤滑油15の蒸発量および粘度について、以下に説明する。

【0062】

【表 7】

	平均炭素数	蒸発量[mg]	粘度[mPa.s]	
			-5[°C]	40[°C]
実施例 1	7.44	-36.6	37.80	7.28
実施例 2	7.45	-36.0	38.00	7.33
実施例 3	7.67	-40.5	39.90	7.48
比較例 1	7.0	-157.2	34.90	6.50
比較例 2	9.0	-17.4	72.00	12.50

## 【0063】


すなわち、表 7 に示すように、具体例 1 ～ 4 等のように、前述した条件に合致する 3 種類の潤滑油（実施例 1 ～ 3）、および、従来使用されていた 2 種類の潤滑油（比較例 1, 2）について、その蒸発量および粘度を測定した。

ここで、実施例 1 は、前述の具体例 1 の潤滑油 L 1 を用いた潤滑油である。なお、この潤滑油の基油は、各 R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub> に含まれる平均炭素数が 7.44 となるように調製されている。また、実施例 2 は、前述の具体例 2 の潤滑油 L 6 を用いており、この潤滑油の基油において各 R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub> に含まれる平均炭素数は 7.45 である。さらに、実施例 3 は、前述の具体例 3 の潤滑油 L 9 を用いており、この潤滑油の基油において各 R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub> に含まれる平均炭素数は 7.67 である。

また、比較例 1 は、各 R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub> に含まれる炭素数を全て 7 としたトリ（1-ヘプチル）フォスフェートである基油を含む潤滑油を示しており、この潤滑油の基油において各 R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub> に含まれる平均炭素数は 7.0 となる。さらに、比較例 2 は、各 R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub> に含まれる炭素数を全て 9 としたトリ（1-ノリル）フォスフェートである基油を含む潤滑油を示しており、この潤滑油の基油において各 R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub> に含まれる平均炭素数は 9.0 となる。

## 【0064】

実施例 1 ～ 3、比較例 1, 2 の各潤滑油の蒸発量は、80℃に保持された直径



27 (mm) のシャーレに潤滑油を 3 ml 入れて、720 時間後のオイル重量を測定し、この測定値と初期値との差から算出した。

図 5 に示すように、実施例 1～3 および比較例 2 の潤滑油に関しては、全ての蒸発量が 30～40 mg の範囲に収まっており、約 5 年分の寿命を延ばすことができ、良好である。これに対し、比較例 1 の潤滑油に関しては、実施例 1～3 よりも多くの潤滑油が蒸発していることが分かる。

以上のことから、実施例 1～3 の潤滑油を使用することにより、モータ 3 において使用する潤滑油の量を少なくすることができる、すなわち、潤滑油を注入する軸体 11 とスリーブ 13 との隙間の容積を減らすことができ、モータ 3 の小型化を図ることができる。

#### 【0065】

実施例 1～3、比較例 1、2 の各潤滑油の粘度は、潤滑油の温度を  $-5^{\circ}\text{C}$  および  $40^{\circ}\text{C}$  として測定を行った。図 6 に示すように、全ての潤滑油について温度が上昇する程粘度は低くなる傾向にあり、また、比較例 2 の潤滑油については、温度に関係なく、実施例 1～3 および比較例 1 の潤滑油よりも粘度が高いことが分かる。また、実施例 1～3 および比較例 1 の潤滑油は、比較例 2 の潤滑油と比較して温度変化に対する粘度の変化が小さい、すなわち、粘度の温度依存性が低いことが分かる。

以上のことから、実施例 1～3 の潤滑油は、全て同じ炭素数である飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルを基油とした従来の流体動圧軸受用潤滑油（以下、潤滑油とも呼ぶ。）よりも、潤滑油の蒸発量と粘度とのトレードオフの関係を少なくすることができる。したがって、さらに低蒸発量で、かつ粘度が低く、粘度の温度依存性も低い潤滑油を提供することが可能となる。

#### 【0066】

上記の性状を有する潤滑油 15 を使用した HDD 1 において、磁気ディスク 91 に情報を記録したり、磁気ディスク 91 に記録された情報を再生したりする場合には、磁気ディスク 91 を回転させる。この際には、コア 41 およびコイル 43 において交番磁界を発生させ、この交番磁界を永久磁石 51 に作用させてロータ 5 を回転させることにより、軸体 11 が中心軸線 A1 回りに回転し、動圧発生



部 25 において発生するラジアル動圧およびスラスト動圧によってスリーブ 13 が軸体 11 およびロータ 5 を回転可能に支持する。

#### 【0067】

上記のように、粘度が低く、かつ粘度の温度依存性の低い潤滑油 15 を使用して、ロータ 5 をステータ 4 に対して回転させる際には、ロータ 5 の駆動に要する消費電流を削減することができると共に、ロータ 5 の回転精度を向上させることができる。

すなわち、本発明の潤滑油 15 をモータ 3 に使用し、ロータ 5 を所定の速度で回転させるように、コイル 43 に電流を流す状態（ON 状態）と電流を流さない状態（OFF 状態）とを 5 秒間隔で交互に繰り返すエージングを行い、10 分毎にコイル 43 に流れる電流値を測定した。この電流値が、軸体 11 およびロータ 5 の駆動に要する消費電流となる。測定結果を図 7 に示す。なお、このグラフの横軸は、電流値の測定回数を示しており、「1 回目」の電流値は、モータ 3 を製造した後に、初めてコイル 43 に電流を供給したときの値となっている。また、この測定は、同一の潤滑油 15 を使用した同一形状のモータ 3 を 8 台用意し、これら複数のモータ 3 について行った。

#### 【0068】

この結果によれば、モータ 3 毎に消費電流の値に違いはあるものの、時間の経過に関係なく、各モータ 3 のロータ 5 が、ほぼ一定の低い電流値で駆動されることが分かる。この結果は、潤滑油 15 の粘度が低いことに起因している。したがって、本発明の潤滑油 15 を使用することにより、低い電流値でロータ 5 を駆動させることができる。

また、モータ 3 の起動と停止を繰り返す際には、軸体 11 とスリーブ 13 との間に摩擦が発生して潤滑油 15 が加熱されることになるが、各モータ 3 における電流値が殆ど変化していないことが分かる。この結果は、潤滑油 15 における粘度の温度依存性が低いことに起因している。したがって、低温時の潤滑油 15 の粘度上昇に伴うモータ 3 の消費電流の上昇を抑制できると共に、高温時の潤滑油 15 の粘度低下に伴う軸受剛性の低下を抑制するため、ステータ 4 に対するロータ 5 の回転精度を維持できる。

## 【0069】

また、軸体11がスリーブ13に対して停止している状態から、軸体11をスリーブ13に対して回転させた際には、前述のように、軸体11とスリーブ13との摩擦等によって潤滑油15が加熱されるため、潤滑油15に含まれるリン酸エステルが高温分解されると共に軸体11およびスリーブ13の鉄分と結合して、リン化鉄( $\text{FeP}$ 、 $\text{Fe}_3\text{P}$ 、 $\text{Fe}_2\text{P}$ 、 $\text{FeP}_2$ )が生成される。このリン化鉄は、軸体11の表面やスリーブ13の内壁面にある凹部に入り込んで平滑面を形成すると共に、潤滑性に優れる皮膜を軸体11の表面やスリーブ13の内壁面に形成する。なお、上述した凹部は、軸体11とスリーブ13との摩擦等によって形成されるものである。

## 【0070】


上記のように、潤滑油15に炭素数の異なる飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルを含ませることにより、低蒸発量で、かつ粘度が低く、粘度の温度依存性も低い潤滑油15を提供することができる。

また、この潤滑油15を流体動圧軸受に使用した場合には、低蒸発量の潤滑油15を使用しているため、オイルシール部38の容積Vに対して開口部面積Sを大きくしても潤滑油15の蒸発量の増加を抑制することができる。すなわち、オイルシール部38の容積Vを一定とした場合には、従来のオイルシール部38よりも開口部面積Sを増加させてオイルシール部38の長さ寸法を短くすることができるため、流体動圧軸受7の小型化・薄型化を図ることができる。

また、開口部面積Sを一定とした場合には、容積Vを小さくしてオイルシール部38に充填する潤滑油の量を少なくしても、流体動圧軸受7を長時間使用することができる。

## 【0071】

さらに、軸体11とスリーブ13との隙間に局地的な油膜切れが発生しても、軸体11の表面やスリーブ13の内壁面にリン化鉄からなる皮膜が形成されるため、流体動圧軸受7におけるカジリ現象の発生を抑制して回転ロックを防止することができる。また、軸体11およびスリーブ13が、硬度の等しい同じ種類の金属材料から構成されているため、前述した摩擦による軸体11およびスリーブ



13の摩耗を抑制することができる。以上のことから流体動圧軸受の長寿命化を図ることが可能となる。

#### 【0072】

また、この流体動圧軸受7をモータ3に設けた場合には、粘度や粘度の温度依存性が低い潤滑油15を使用することによりロータ5の駆動に要する消費電流の削減を図ることができると共に、ステータ4に対するロータ5の回転精度を向上させることができる。

さらに、このモータ3をHDD1に設けた場合には、ステータ4に対するロータ5の回転精度が向上するため、すなわち、モータ3の回転むらを抑制できるため、磁気ディスク91に情報を書き込む際や、磁気ディスク91から情報を読み出す際に不具合が発生することを防止することができる。

#### 【0073】

なお、上記の実施形態において、ステータ4は、円環状の永久磁石51の外周面51aに対向して配されたとしたが、これに限ることはなく、少なくともこれらステータ4および永久磁石51によりロータ5を回転させるように構成されていればよい。したがって、ステータ4は、永久磁石51の内周面側に対向する位置に配されるところでもよい。この構成の場合には、永久磁石51をロータ5の内周面側に固定し、この内周面に対向するベースプレート40やスリーブ13の外周面側にステータ4を固定すればよい。


また、磁気ディスク91に限ることはなく、例えば、光ディスクであってもよい。この構成の場合には、磁気ヘッドの代わりに、光ディスクに情報を記録すると共に光ディスクに記録された情報を再生する光ピックアップをHSAに設ければよい。

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

#### 【0074】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、潤滑油に炭素数の異なる飽和炭化水素



基を有するリン酸トリエステルを含ませることにより、低蒸発量で、かつ粘度が低く、粘度の温度依存性も低い潤滑油を提供することができる。

また、この流体動圧軸受用潤滑油を流体動圧軸受に使用した場合には、開口部面積  $S$  を増加させることによりオイルシール部の長さ寸法を短くすることができ、また、オイルシール部の容積  $V$  を小さくすることができるため、流体動圧軸受の小型化・薄型化を図ることができる。また、この場合には、カジリ現象に基づく回転ロックを防止すると共に、軸体および軸体支持部の摩耗を抑制できるため、流体動圧軸受の長寿命化を図ることができる。

#### 【0075】

さらに、この流体動圧軸受をモータに設けた場合には、粘度や粘度の温度依存性が低い潤滑油を使用することにより、ロータの駆動に要する消費電流の削減を図ることができると共に、ステータに対するロータの回転精度を向上させることができる。

また、このモータを情報記録再生装置に設けた場合には、モータの回転むらが抑制されるため、情報記録媒体に情報を書き込む際や、情報記録媒体から情報を読み出す際に不具合が発生することを防止することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施形態に係る HDD を示す概略断面図である。

【図2】 図1の HDD において、流体動圧軸受を示す拡大断面図である。

【図3】 図1の HDD において、オイルシール部を示す拡大断面図である。

【図4】 従来の流体動圧軸受におけるオイルシール部を示す拡大断面図である。

【図5】 本発明に係る HDD に使用する潤滑油の蒸発量を示すグラフである。

【図6】 本発明に係る HDD に使用する潤滑油の粘度の温度依存性を示すグラフである。

【図7】 本発明に係る HDD において、軸体およびロータの駆動に要する消費電流とを示すグラフである。



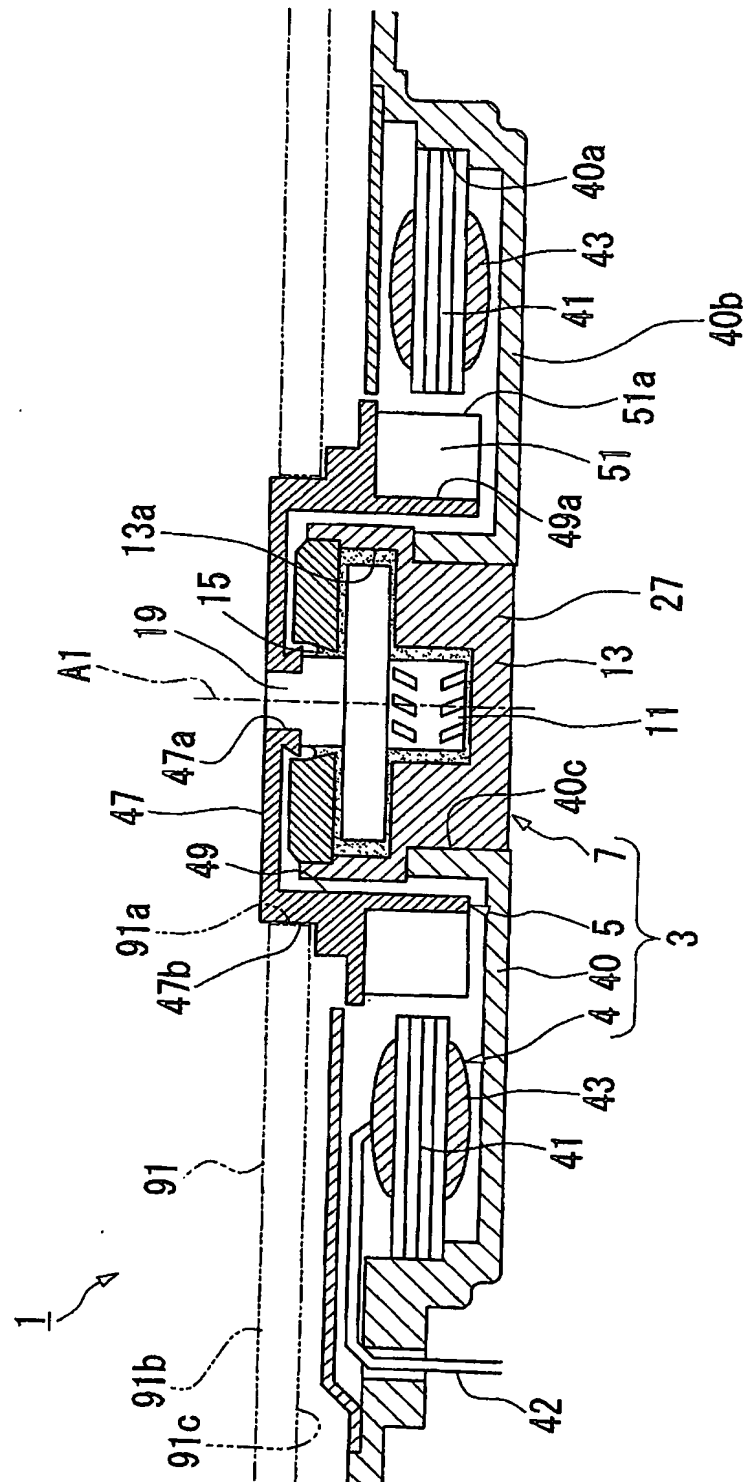
【符号の説明】

- 1 HDD (情報記録再生装置)
- 3 モータ (情報記録再生装置用モータ)
- 4 ステータ
- 5 ロータ
- 7 流体動圧軸受部
  - 1 1 軸体
  - 1 3 スリーブ (軸体支持部)
    - 1 3 a 軸体挿入穴
  - 1 5 潤滑油 (流体動圧軸受用潤滑油)
  - 2 3 動圧発生溝
  - 2 5 動圧発生部
  - 3 8 オイルシール部
  - 4 1 コア
  - 4 3 コイル
  - 4 7 b 固定部
  - 5 1 永久磁石
  - 9 1 磁気ディスク (情報記録媒体)
- A 1 中心軸線
- R 1, R 2, R 3 隙間



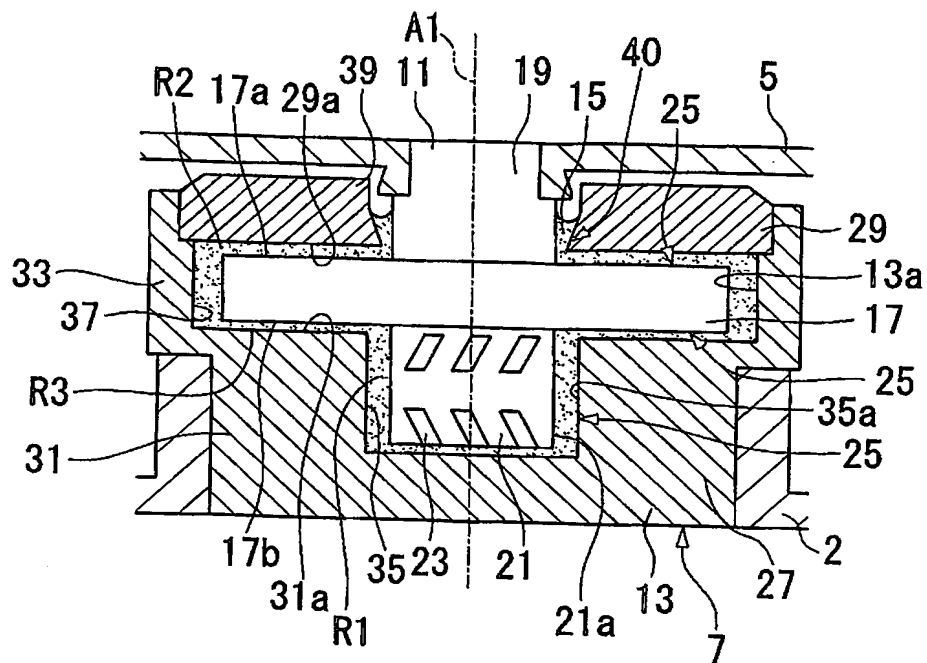
【書類名】 図面

【図 1】

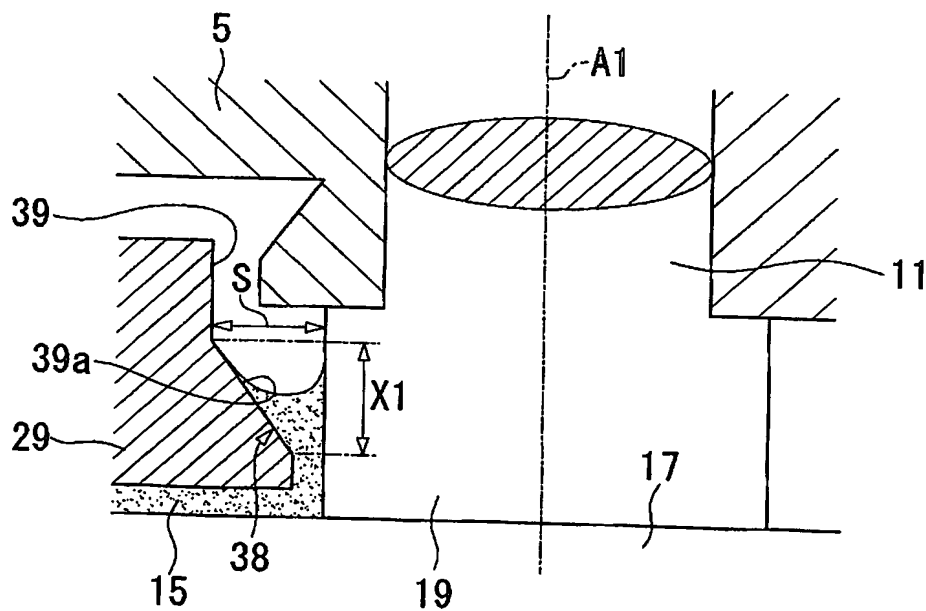




【図 2】

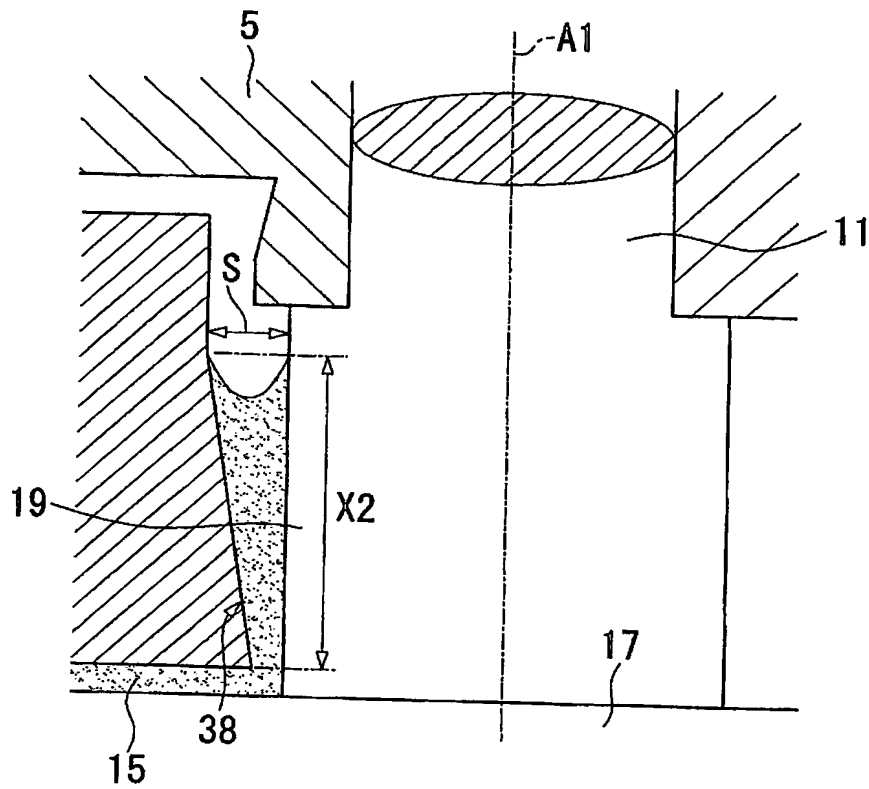


【図 3】



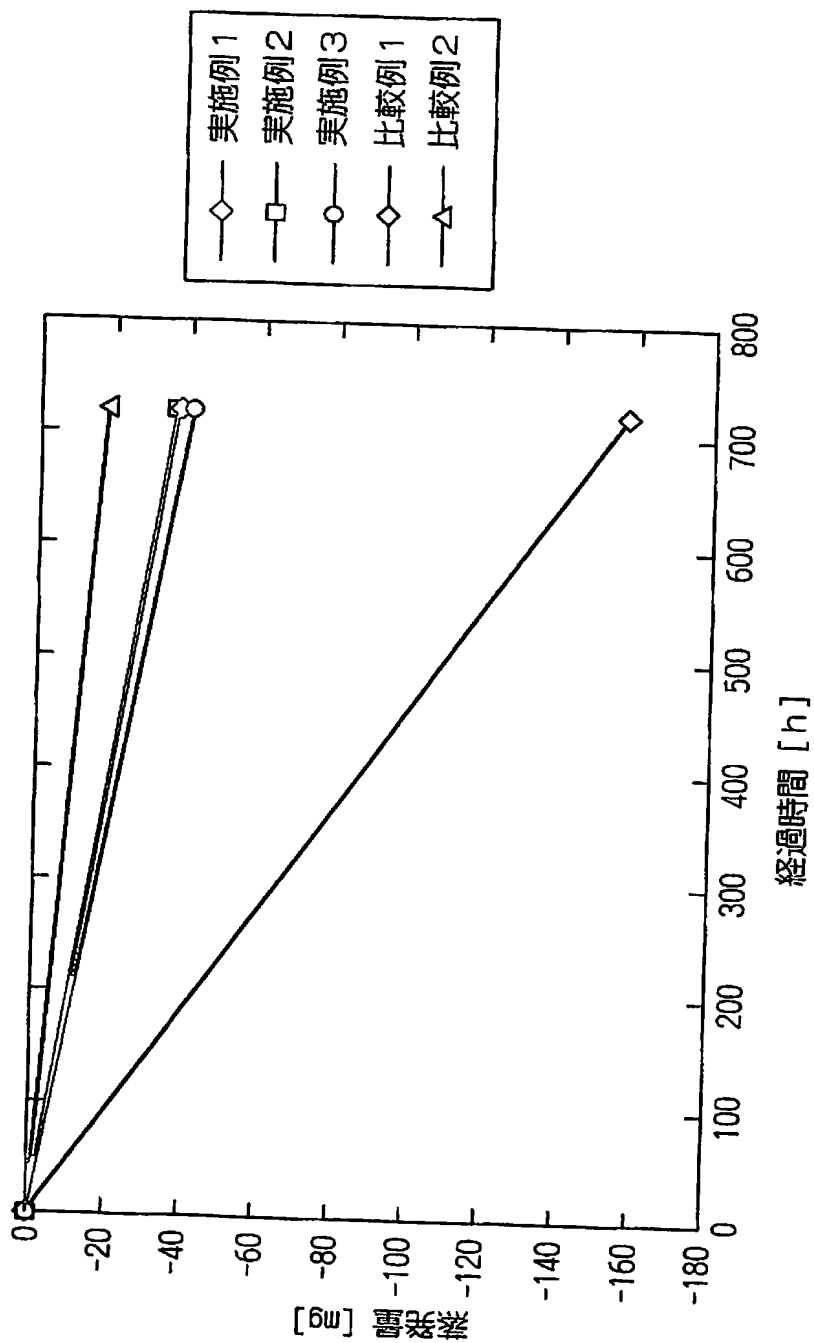


【図 4】



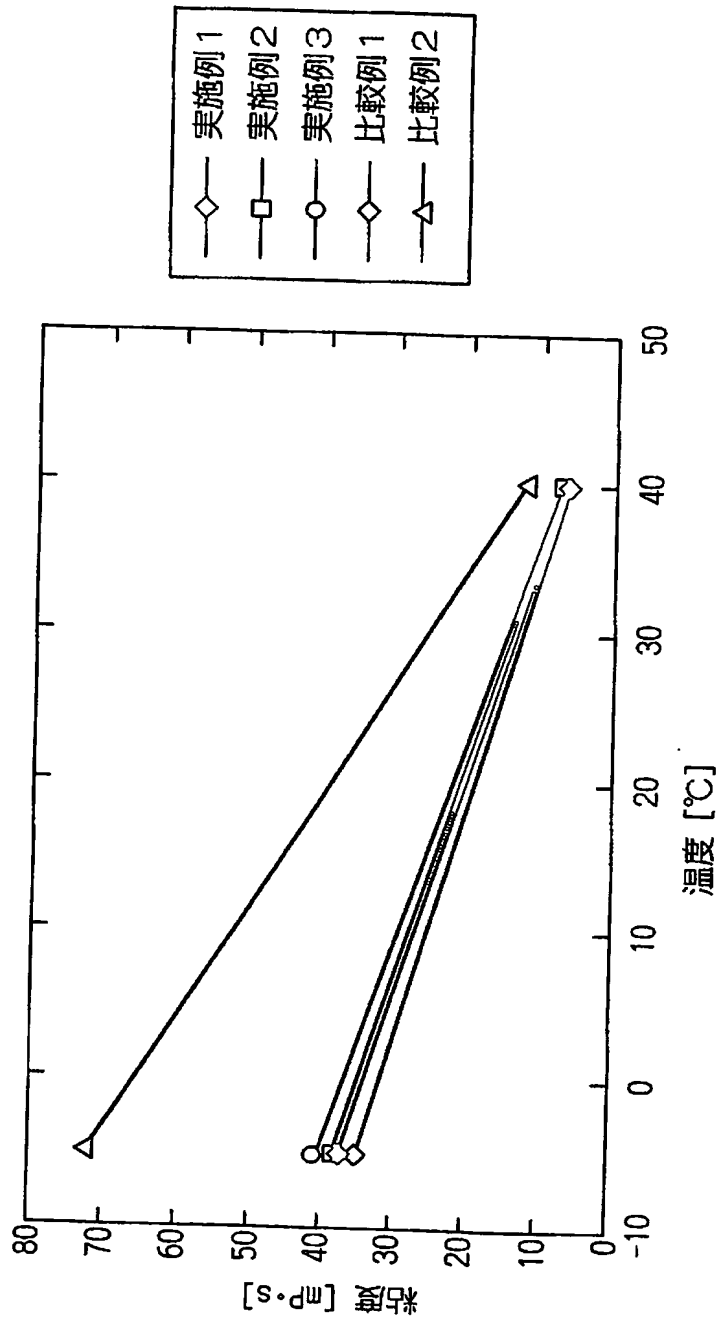


【図 5】



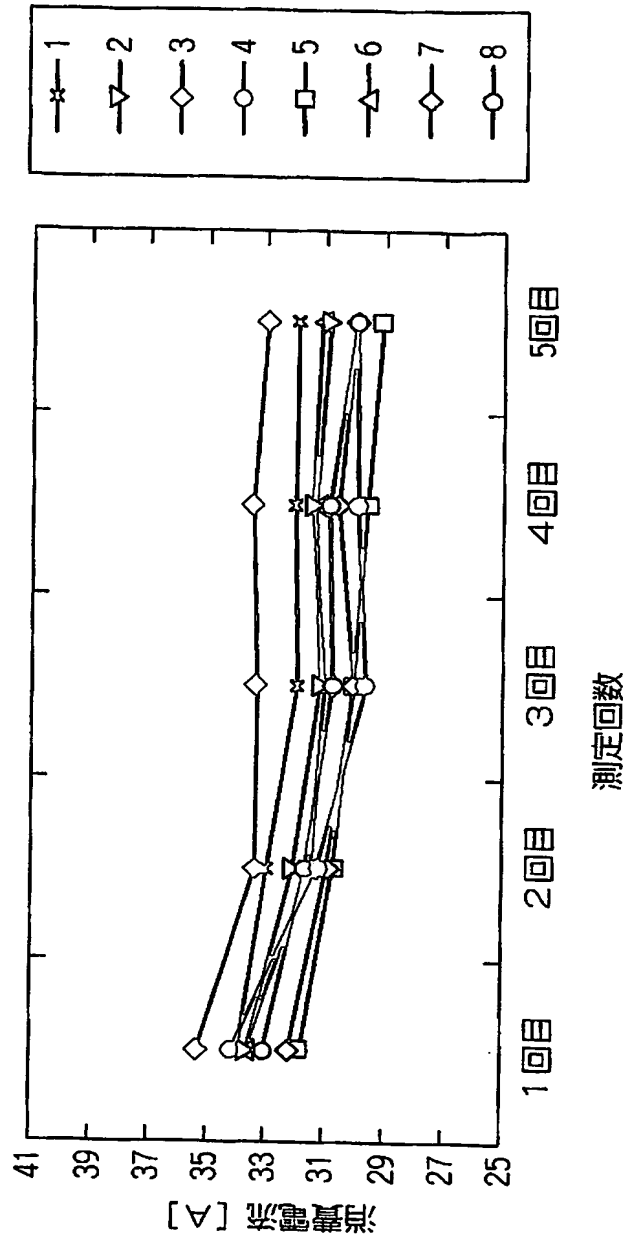


【図6】





【図7】





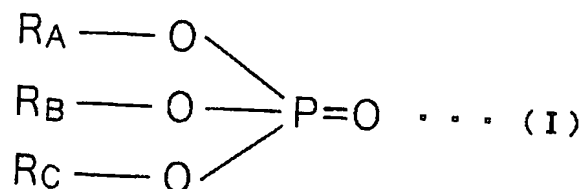
【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 流体動圧軸受に使用する潤滑油において、長寿命化・回転精度の向上等、流体動圧軸受の信頼性を向上できるようにする。

【解決手段】 基油として、一般式 (I)

【化1】



(式中、 $\text{R}_A$ ,  $\text{R}_B$ ,  $\text{R}_C$ は、それぞれアルキル基を示している。) により表されるリン酸トリエステルを含む流体動圧軸受用潤滑油であって、前記基油に、3つのアルキル基が飽和炭化水素基であり、かつ、1つの前記飽和炭化水素基が他の2つの前記飽和炭化水素基と異なる炭素数を有するリン酸トリエステルが主基油として含まれることを特徴とする流体動圧軸受用潤滑油を提供する。

【選択図】 なし



特願 2003-185419

ページ: 1

出願人履歴情報

識別番号

[000002325]

1. 変更年月日

1997年 7月23日

[変更理由]

名称変更

住所

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

氏名

セイコーインスツルメンツ株式会社



特願 2003-185419

ページ: 2

出願人履歴情報

識別番号

[596169565]

1. 変更年月日

1996年11月 8日

[変更理由]

新規登録

住所

京都府京都市西京区桂千代原町35-1

氏名

有限会社ケミトレック



特願 2003-185419

ページ : 3/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[597174849]

1. 変更新月日  
[変更理由]  
住 所  
氏 名

1997年11月11日  
新規登録  
東京都豊島区西池袋1丁目18番2号  
株式会社オプテク